

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-35470  
(P2000-35470A)

(43) 公開日 平成12年2月2日 (2000.2.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

G 0 1 R 33/09

G 0 1 R 33/06

R 2 G 0 1 7

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

43/12

43/12

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平10-204066

(22) 出願日 平成10年7月17日 (1998.7.17)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 徳永 一郎

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 菊池 誠二

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外9名)

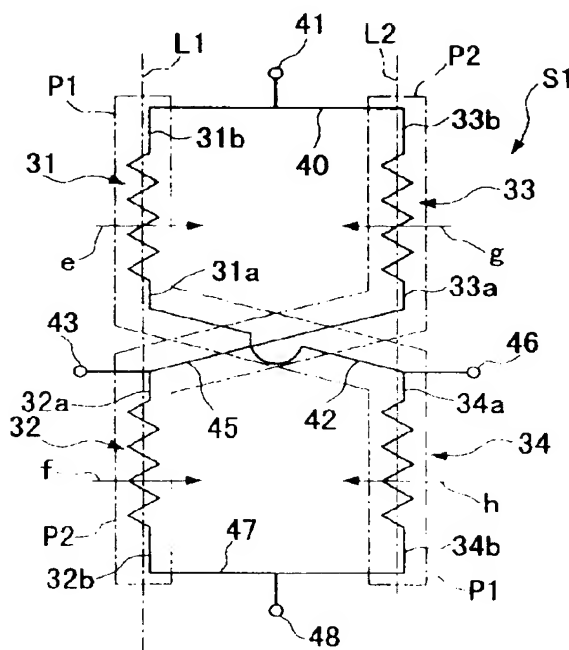
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサおよびその製造方法と製造装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、4つの巨大磁気抵抗効果素子の交換バイアス層の磁化を個々にブリッジ接続型として好ましい方向に確実に制御できるとともに、その制御が容易にできる磁界センサとその製造方法と製造装置の提供を提供することにある。

【解決手段】 本発明は、第1の巨大磁気抵抗効果素子31と第2の巨大磁気抵抗効果素子32が第1の直線L1に沿い、ピン止め磁性層cの磁化の向きを一定方向に向けて設けられるとともに、第3の巨大磁気抵抗効果素子33と第4の巨大磁気抵抗効果素子34が前記第1の直線と平行な第2の直線L2に沿い、ピン止め磁性層の磁化の向きを前記第1、第2の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きと180°反対向きにして設けられてなることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 交換バイアス層と、この交換バイアス層により磁化の方向が一方に固定されたピン止め磁性層と、非磁性層と、外部磁界によって磁化の方向が回転自在にされたフリー磁性層とを少なくとも具備する巨大磁気抵抗効果素子が複数備えられ

第1の巨大磁気抵抗効果素子と第2の巨大磁気抵抗効果素子が、各々第1の直線に沿い、かつ、各々のピン止め磁性層の磁化の向きを一定方向に向けて設けられるとともに、

第3の巨大磁気抵抗効果素子と第4の巨大磁気抵抗効果素子が、各々前記第1の直線と平行な第2の直線に沿い、かつ、各々のピン止め磁性層の磁化の向きを前記第1、第2の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きと180°反対向きにして設けられてなることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサ。

【請求項2】 交換バイアス層と、この交換バイアス層により磁化の方向が一方に固定されたピン止め磁性層と、非磁性層と、外部磁界によって磁化の方向が回転自在にされたフリー磁性層とを少なくとも具備する巨大磁気抵抗効果素子が複数備えられ

第1と第2と第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子がほぼ平行に隣接する第1番目と第2番目と第3番目と第4番目の直線に沿って各々設けられ、

前記第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子の各々のピン止め磁性層の磁化の向きが一定方向に向けられるとともに

前記第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子の各々のピン止め磁性層の磁化の向きが前記第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きと180°反対向きにされてなることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサ。

【請求項3】 異なる方向に磁化されたピン止め磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子どうしが直列接続されて2組の接続対が構成され、第1の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の一端が第2の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の一端に接続されて第1の接続対が構成され、第2の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の他端が第1の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の他端に接続されて第2の接続対が構成されるとともに、前記直列接続された巨大磁気抵抗効果素子の中点に各々接続対が構成され、前記接続対のうちの1対に入力側の端子部が、他の接続対のうちの1対に出力側の端子部が各々形成されてなることを特徴とする請求項1または2に記載の巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサ。

【請求項4】 前記第1の巨大磁気抵抗効果素子の1側と前記第4の巨大磁気抵抗効果素子の1側とが接続され、前記第2の巨大磁気抵抗効果素子の1側と前記第3の巨大磁気抵抗効果素子の1側とが接続されるととも

に、前記第1の巨大磁気抵抗効果素子の他側と前記第3の巨大磁気抵抗効果素子の他側とが接続され、前記第2の巨大磁気抵抗効果素子の他側と前記第4の巨大磁気抵抗効果素子の他側とが接続される一方、前記各巨大磁気抵抗効果素子の1側とどうして接続部分と他側とどうして接続部分の一方に入力側の端子部が、他方に出力側の端子部が各々接続されてなることを特徴とする請求項1または2に記載の巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサ。

10 【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の構造の磁界センサを製造するに際し、第1の巨大磁気抵抗効果素子と第2の巨大磁気抵抗効果素子に沿って第1の導体を配し、第3の巨大磁気抵抗効果素子と第4の巨大磁気抵抗効果素子に沿って第2の導体を配するとともに、第1の導体と第2の導体に180°異なる方向の電流を流して各導体から磁界を発生させ、各導体からの発生磁界により各巨大磁気抵抗効果素子の交換バイアス層の着磁を行ってピン止め磁性層の磁化を固定することを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサの製造方法。

20 【請求項6】 前記第1の導体と前記第2の導体を直列接続して同一電源に接続して電流を印加することを特徴とする請求項5記載の巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサの製造方法。

【請求項7】 請求項1～4のいずれかに記載の構造の磁界センサを製造する装置であって、前記第1の巨大磁気抵抗効果素子と第2の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置される第1の導体と、前記第3の巨大磁気抵抗効果素子と第4の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置される第2の導体と、前記第1の導体と前記第2の導体に180°異なる方向に電流を流す電源とを具備してなることを特徴とする巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサの製造装置。

【請求項8】 前記第1の導体と前記第2の導体が直列接続されて同一電源に接続されてなることを特徴とする請求項7に記載の磁界センサの製造装置。

【請求項9】 前記第1の導体と第2の導体がループ状に直列接続されてなることを特徴とする請求項8に記載の磁界センサの製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、外部磁界の変化に応じて大きな抵抗変化を示す巨大磁気抵抗効果素子を備えた磁界センサとその製造方法並びに製造装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、巨大磁気抵抗効果素子を用いた磁界センサとして、特開平8-226960号公報に開示の如く、4つの巨大磁気抵抗効果素子をブリッジ接続してなる構成のものが知られている。この公報に開示され

た磁界センサAは、図12に示すように、離間して配置された巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4を備え、巨大磁気抵抗効果素子1、2を導線5で接続し、巨大磁気抵抗効果素子1、3を導線6で接続し、巨大磁気抵抗効果素子3、4を導線7で接続し、巨大磁気抵抗効果素子2、4を導線8で接続し、導線6に入力端子10を導線8に出力端子11を各々接続して設け、導線5に出力端子12を導線7に出力端子13を接続して構成されている。

【0003】また、巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4は、それぞれ非磁性層15の上下に強磁性層16、17を設けたサンドイッチ構造とされ、一方の強磁性層（ピン止め磁性層）16上に反強磁性層などの交換バイアス層18が設けられ、この交換バイアス層18による交換結合を生じさせて強磁性層16の磁化の向きを一方にピン止めて構成されている。また、他方の強磁性層（フリー磁性層）17の磁化の向きは外部磁界の向きに応じて回転自在。例えば、強磁性層17を含む水平面に沿って回転自在にされている。

【0004】更に、図12に示す構造の磁界センサAにおいては、巨大磁気抵抗効果素子1のピン止め磁性層16の磁化の向きが図13の矢印20に示すように手前側向きとされ、巨大磁気抵抗効果素子2のピン止め磁性層16の磁化の向きが矢印21に示すように奥向きとされ、巨大磁気抵抗効果素子3のピン止め磁性層16の磁化の向きが矢印23に示すように奥向きとされ、巨大磁気抵抗効果素子4のピン止め磁性層16の磁化の向きが手前側向きとされている。また、巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4のフリー磁性層17の磁化の向きは外部磁界が作用しない状態においてそれぞれ図12の矢印24に示すように右向きとされている。

【0005】図12に示す磁界センサAにおいて外部磁界Hが作用すると、外部磁界Hに合わせて、例えば第1、第4の巨大磁気抵抗効果素子1、4においてフリー磁性層17の磁化の向き24が図13に示すように所定の角度だけ回転するので、ピン止め磁性層16の磁化の向き20との角度関係が変わる結果、抵抗変化が生じる。また、第1と第4の巨大磁気抵抗効果素子1、4のピン止め磁性層16の磁化の向きと、第2、第3の巨大磁気抵抗効果素子2、3のピン止め磁性層16の磁化の向きが180°反対であるため、抵抗変化状態の位相の異なる出力を得ることができ、

【0006】図12に示すブリッジ接続型の磁界センサAにおいて、これらの磁化の向きを各矢印に示すように規定しているのは、外部磁界Hに感応してフリー磁性層17の磁化の向きが変化した場合に、巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4から差動出力を得る必要があるため、図12の上下左右に位置する巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4において隣り合う隣接するものとして180°方向が異なる反平行向きに磁化の向きをピン止

めする必要があるのである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図12に示す構造を実現するためには、基板上に巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4を隣接させて形成し、隣接する巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層16の磁化の向きをそれぞれ180°異なる方向に固定しなくてはならない。また、この種のピン止め磁性層16の磁化の向きを制御するために交換バイアス層18の格子磁化を調整するには、強磁性が消失するブロッキング温度と呼ばれる温度以上に加熱した状態で交換バイアス層18に所定の向きの磁界を印加しておき、この磁界を印加したまま冷却する熱処理を行わなくてはならない。ところが、図12に示す構造においては、巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4毎に交換バイアス層18の磁化の向きを180°変えなくてはならないので、基板上に隣接状態で形成されている巨大磁気抵抗効果素子毎に磁界の向きを制御しなくてはならないことになり、単に外部から電磁石等の磁場発生装置で磁界を印加する方法では、1方向磁界しか印加できないので、図12に示す構造を製造することが困難な問題があった。

【0008】このため、特開平8-226960号公報に開示の技術によれば、基板上に隣接状態で形成される巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4に沿ってそれぞれ導体層を積層し、これらの導体層の各々に異なる向きの電流を流して各導体層から個別に向きの異なる磁界を発生させながら前述の熱処理を行うことによって図12に示す構造を実現できると記載されている。ところが、交換バイアス層18の格子磁化を制御するために導体膜に大きな電流を印加して大きな磁界を発生させたとしても、基板上に巨大磁気抵抗効果素子とともに積層した薄膜状の導体膜に大きな電流を流すことは難しく、導体膜から発生できる磁界では強い磁界を印加して効率良く処理することができない問題がある。更に、基板上に隣接状態で設けられている巨大磁気抵抗効果素子1、2、3、4に複数の導体膜から別々の向きの磁界が作用することになるので、個々の巨大磁気抵抗効果素子の交換バイアス層18に個別に強い磁界を作用させることは極めて困難な問題があった。

【0009】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、特異な構造を採用することによって隣接する1組のピン止め磁性層の磁化の向きを揃えてもフリー磁性層接続を実現できる巨大磁気抵抗効果素子を備えたブリッジ接続型の磁界センサを実現する技術を提供することを目的とするものである。また、本発明は、4つの巨大磁気抵抗効果素子の交換バイアス層の磁化を個々にフリー磁性層接続型として好ましい方向に確実に制御できるとともに、その制御が容易にできる磁界センサとその製造方法及び製造装置の提供を目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は前記課題を解決するために、交換バイアス層と、この交換バイアス層により磁化の方向が一方に固定されたヒン止め磁性層と、非磁性層と、外部磁界によって磁化の方向が回転自在にされたフリー磁性層とを少なくとも具備する巨大磁気抵抗効果素子が複数備えられ、第1の巨大磁気抵抗効果素子と第2の巨大磁気抵抗効果素子が、各々第1の直線に沿い、かつ、各々のヒン止め磁性層の磁化の向きを一定方向に向けて設けられるとともに、第3の巨大磁気抵抗効果素子と第4の巨大磁気抵抗効果素子が、各々前記第1の直線と平行な第2の直線に沿い、かつ、各々のヒン止め磁性層の磁化の向きを前記第1、第2の巨大磁気抵抗効果素子のヒン止め磁性層の磁化の向きと180°反対向きにして設けられてなることを特徴とする。

【0011】本発明は前記課題を解決するために、第1と第2と第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子がそれぞれほぼ平行に隣接す第1番目と第2番目と第3番目と第4番目の直線に沿って設けられ、前記第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子の各々のヒン止め磁性層の磁化の向きが一定方向に向けられるとともに、前記第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子の各々のヒン止め磁性層の磁化の向きが前記第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子のヒン止め磁性層の磁化の向きと180°反対向きの方向に向けられてなることを特徴とする。

【0012】前述の構成において本発明は、異なる方向に磁化されたヒン止め磁性層を有する巨大磁気抵抗効果素子同士が直列接続されて2組の接続対が構成され、第1の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の一端が第2の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の一端に接続されて第1の接続部が構成され、第2の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の他端が第1の接続対の巨大磁気抵抗効果素子の他端に接続されて第2の接続部が構成されるときに、前記直列接続された巨大磁気抵抗効果素子の中点に各々接続部が構成され、前記接続部のうちの一方に入力側の端子部が、他の接続部のうちの一方に出力側の端子部が各々形成されてなる構成を採用することができる。更に、本発明は、前記第1の巨大磁気抵抗効果素子の一側と前記第4の巨大磁気抵抗効果素子の一側とが接続され、前記第2の巨大磁気抵抗効果素子の一側と前記第3の巨大磁気抵抗効果素子の一側とが接続されるときに、前記第1の巨大磁気抵抗効果素子の他側と前記第3の巨大磁気抵抗効果素子の他側とが接続され、前記第2の巨大磁気抵抗効果素子の他側と前記第4の巨大磁気抵抗効果素子の他側とが接続される一方、前記各巨大磁気抵抗効果素子の一方の入力側の端子部が、他方に出力側の端子部が各々接続されてなることを特徴とする構成でも良い。

【0013】本発明の製造方法は、先のいずれかに記載の構造の磁界センサを製造するに際し、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子に沿って第1の導体を配し、第3と

第4の巨大磁気抵抗効果素子に沿って第2の導体を配するとともに、第1と第2の導体に180°異なる方向の電流を流して各導体から磁界を発生させ、各導体からの発生磁界により各巨大磁気抵抗効果素子のヒン止め磁性層の磁化を行うことを特徴とする。先の製造方法において、第1と第2の導体を直列接続して同一電源に接続して電流を印加することが好ましい。

【0014】本発明の製造装置は、先のいずれかに記載の構造の磁界センサを製造する装置であり、前記第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置される第1の導体と、前記第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置される第2の導体と、前記第1の導体と前記第2の導体に180°異なる方向に電流を流す電源とを具備してなる。前記構造の装置において、前記第1と第2の導体が直列接続されて同一電源に接続されてなることが好ましい。更に前記構造の装置において、前記第1の導体と第2の導体がループ状に直列接続されてなることが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の磁界センサの第1実施形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1実施形態の磁界センサS1の基本回路図、図2は基本概念を示す概略構成図、図3は同磁界センサを実際の基板上に形成してなる構造の一例を示す平面図である。第1実施形態の磁界センサS1は、図1において左上側に配置された第1の巨大磁気抵抗効果素子31と同図の左上側に配置された第2の巨大磁気抵抗効果素子32と同図の右上側に配置された第3の巨大磁気抵抗効果素子33と同図の右下側に配置された第4の巨大磁気抵抗効果素子34とを具備して構成されている。また、これらの巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34はいずれも後述する如く薄膜の積層体からなり、線状の細長い形状とされ、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子31、32(図4に示す第1の直線L1に沿って配置されるときに、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子33、34は、前記第1の直線L1に離間して平行に設けられた第2の直線L2に沿って配置されている。

【0016】更に、前記第1と第3の巨大磁気抵抗効果素子31、33が左右に対向する位置に、前記第2と第4の巨大磁気抵抗効果素子32、34が左右に対向する位置にそれぞれ配置されている。なお、この実施形態においては第1、第2の巨大磁気抵抗効果素子31、32が同一直線上に、第3、第4の巨大磁気抵抗効果素子33、34が同一直線上にそれぞれ配置されているが、これらは平行関係を保ったまま横方向に多少位置ずれしていても良く、個々に多少傾斜していても良い。

【0017】図2は本実施形態の巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34の基本的積層構造と、それら各層の磁化の向きを明らかにするためのもので、巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34はいずれも同等の

構造とされ、基本的には図2に示すように強磁性層（フリー磁性層）aと非磁性層bと強磁性層（ピン止め磁性層）cと交換バイアス層（反強磁性体層）dを積層して構成されている。図2に示す基本的な積層構造において、交換バイアス層dに隣接しているピン止め磁性層cは、交換バイアス層dによって磁化の向きがピン止めされている。具体的には、第1の巨大磁気抵抗効果素子3-1において交換バイアス層dとピン止め層cの磁化の向きが矢印eに示すように右向きに、第2の巨大磁気抵抗効果素子3-2において交換バイアス層dとピン止め層cの磁化の向きが矢印fに示すように右向きに設定されている。

【0018】前記第3の巨大磁気抵抗効果素子3-3において交換バイアス層dとピン止め層cの磁化の向きが矢印gに示すように左向きに、第4の巨大磁気抵抗効果素子3-4において交換バイアス層dとピン止め層cの磁化の向きが矢印hに示すように左向きに設定されている。従って、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子3-1、3-2のピン止め磁性層cの磁化の向きは互いに平行であり、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子3-3、3-4のピン止め磁性層cの磁化の向きは互いに平行にされるとともに、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子3-1、3-2のピン止め磁性層cの磁化の向きと、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子3-3、3-4のピン止め磁性層cの磁化の向きは、互いに180°反対方向に向けられている。

【0019】前記の第1と第2と第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子3-1、3-2、3-3、3-4のフリー磁性層aの磁化の向きは、外部磁界が作用しない状態においては不特定方向に向いている。

【0020】次に、前記第1の巨大磁気抵抗効果素子3-1の一例3-1と第4の巨大磁気抵抗効果素子3-4の一例3-4aとか導体4-2で接続され、この導体4-2が接続部とされ、導体4-2からなる接続部に端子部4-3が接続されるとともに、第2の巨大磁気抵抗効果素子3-2の一例3-2aと第3の巨大磁気抵抗効果素子3-3の一例3-3aとか導体4-5で接続され、この導体4-5が接続部とされ、この導体4-5に端子部4-6が接続されている。更に、第1の巨大磁気抵抗効果素子3-1の他側3-1bと第3の巨大磁気抵抗効果素子3-3の他側3-3bとか導体4-0で接続され、この導体4-0が接続部とされ、この導体4-0に端子部4-1が接続されるとともに、第2の巨大磁気抵抗効果素子3-2の他側3-2bと第4の巨大磁気抵抗効果素子3-4の他側3-4bとか導体4-7で接続され、この導体4-7が接続部とされ、この導体4-7に端子部4-8が接続されている。

【0021】従って、第1の巨大磁気抵抗効果素子3-1と第4の巨大磁気抵抗効果素子3-4とか直列接続されて第1の接続対P1が構成され、第2の巨大磁気抵抗効果素子3-2と第3の巨大磁気抵抗効果素子3-3とか直列接続されて第2の接続対P2が構成されている。

【0022】図3は図1と図2に示す基本構造の巨大磁気抵抗効果素子3-1、3-2、3-3、3-4と同等の構造の巨大磁気抵抗効果素子3-1A、3-2A、3-3A、3-4Aと導体4-0、4-2、4-5、4-7と端子部4-1、4-3、4-6、4-8を実際に基板Kの上に積層してなる一例の磁界センサS11を示す。この例の磁界センサS11において、前記基板KはS11基板等の非磁性の絶縁性の材料からなり、基板上面に平坦化あるいは絶縁性向上等の目的でAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等からなる下地膜を被覆したものなどが好適に用いられる。

【0023】この基板K上に基本的に図2に示す積層構造を有し、図1に示すように直線L1とL2に沿うように配置された線状の巨大磁気抵抗効果素子3-1A、3-2A、3-3A、3-4Aが形成され、それらを接続するCr/Cu等の導電性金属材料からなる導体4-0、4-2、4-5、4-7が形成され、基板Kのコーナ部分側に位置するように端子部4-1、4-3、4-6、4-8が形成されている。この形態の巨大磁気抵抗効果素子3-1の詳細断面構造を図4に代表的に示すが、この形態の巨大磁気抵抗効果素子3-1は、基板K上に下から順に交換バイアス層（反強磁性体層）dとピン止め磁性層cと副強磁性体層mと非磁性層bと副強磁性体層nとフリー磁性層aを積層して断面等脚台形状に形成され、これら積層体の側面側に各層に接するように先の導体のいずれかが接続されている。なお、図4に示す断面構造において各積層体の端部と導体との接合部分にフリー磁性層aを単層化するためのバイアス層を適宜設けて構成しても良い。

【0024】この図4の構造において副強磁性体層mとnは磁気抵抗効果をより効率的に発揮させるために設けられるCoやCo<sub>2</sub>Fe等の強磁性体からなる層であるが、これらは省略しても差し支えない層である。また、交換バイアス層dとピン止め磁性層cと副強磁性体層mと非磁性層bと副強磁性体層nとフリー磁性層aの積層順序はこの例の逆の順序でも差し支えない。

【0025】なお、より具体的な巨大磁気抵抗効果素子の積層構造として、α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層（交換バイアス層）、NiFe層（ピン止め磁性層）、Co層（副強磁性体層）、Cu層（非磁性層）、Co層（副強磁性体層）、NiFe層（フリー磁性層）を例示することができる。また、必要に応じてα-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層の下に電流シャント層としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層を設けても良い。更に、以上の構造の外に、α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、Co層、Cu層、Co層、NiFe層、Co層、Cu層、Co層、α-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層の積層構造の巨大磁気抵抗効果素子を例示することもできる。更に、交換バイアス層は、それに隣接するピン止め磁性層の磁化の向きをピン止めてできるものであれば、公知のもの、あるいはFeMn層、NiMn層、NiO層、IrMn層、CoPtMn、PdPtMn、MnRhRu、PtMn等を用いても良い。

【0026】図1と図2に示す磁界センサS1に対して外部磁界 $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$ が作用すると、これらの磁界 $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$ に合わせて巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34の各フリー磁性層aの磁化の向きが回転する結果、その回転角度に応じて電気抵抗変化を生じる。この電気抵抗変化を測定するには、端子部41と端子部48を入力部と見て所定の電流を流し、端子部43、46を出力部と見て抵抗測定を行うことで実現できる。

【0027】図5は、例えば巨大磁気抵抗効果素子31において、ピン止め磁性層cの磁化の向きを $\alpha$ として、方向（右向き）に固定した場合に、フリー磁性層aの磁化の回転に応じた抵抗変化特性を示すもので、抵抗変化は、ピン止め磁性層cの磁化の向き $\alpha$ とフリー磁性層aの磁化の向き $\theta$ が同方向の際に最小値を示し、反平行の場合に最大値を示し、その間の変化は図5に示すサインカーブを示す。

【0028】従って、抵抗変化の中間点を原点とみなすと、抵抗変化の極性（増加する方向を+、減少する方向を-とする。）はピン止め磁性層dの磁化の向きが同じにされた巨大磁気抵抗効果素子31、32どうしでは同極性であり、巨大磁気抵抗効果素子33、34どうしでは同極性であるが、巨大磁気抵抗効果素子31と巨大磁気抵抗効果素子33では逆極性に、巨大磁気抵抗効果素子32と巨大磁気抵抗効果素子34では逆極性になるので、図1と図2に示す接続構造で巨大磁気抵抗効果素子のホイートストンブリッジが構成されたことになり磁界センサとして有効に作動する。また、この形態の構造においては、巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34によってホイートストンブリッジを構成しているの

で、出力の増大（抵抗変化率の増大）、磁界環境変化による磁氣的ノイズ成分の打消効果（地磁気の方向や磁氣的ノイズ成分等による巨大磁気抵抗効果素子毎の雑音成分の除去）を得ることができ、

【0029】図6は本発明に係る磁界センサS2の第2実施形態を示すもので、この形態の磁界センサS2において、先の第1実施形態の構造と同じ構造には同一符号を付してそれらの説明を省略する。この形態の磁界センサS2においても先の形態の磁界センサS1と同様に巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34が設けられており、それらのピン止め磁性層の磁化の向きも同等とされているか、導体による接続構造が一部のみ異なっている。

【0030】第1の巨大磁気抵抗効果素子31の一端31aは導体51によって第3の巨大磁気抵抗効果素子33の他端33bに接続され、巨大磁気抵抗効果素子31の他端31bは導体50によって第4の巨大磁気抵抗効果素子34の一端34aに接続されるとともに、第2の巨大磁気抵抗効果素子32の一端32aは先の形態と同様に導体47によって第3の巨大磁気抵抗効果素子33

の一端33aに接続され、第2の巨大磁気抵抗効果素子32の他端32bは先の形態と同様に導体47によって第4の巨大磁気抵抗効果素子34の他端34bに接続されている。そして、導体50が接続部とされてこの導体50に端子部52が接続され、導体51が接続部とされてこの導体51に端子部53が接続されている。

【0031】この形態の構造においても第1の巨大磁気抵抗効果素子31と第4の巨大磁気抵抗効果素子34とか直列接続されて第1の接続対P1が構成され、第2の巨大磁気抵抗効果素子32と第3の巨大磁気抵抗効果素子33とか接続されて第2の接続対P2が構成されている。

【0032】図6に示す構造においても巨大磁気抵抗効果素子31、32、33、34によってブリッジ回路が構成されているので、先の第1実施形態の構造と同様に磁界センサとして使用することかできる。

【0033】図7は本発明に係る磁界センサの第3実施形態を示すもので、この形態の磁界センサS3において、先の図3に示す構造と同じ構造には同一符号を付してそれらの説明を省略する。この形態の磁界センサS3においても先の形態の磁界センサS1と同様に巨大磁気抵抗効果素子31、32A、33A、34Aが設けられており、それらのピン止め磁性層の磁化の向きも同等とされているか、導体による接続構造が一部のみ異なっている。

【0034】第1の巨大磁気抵抗効果素子31の他端31bは図43の構造の場合と同様に導体40によって第3の巨大磁気抵抗効果素子33Aの他端33bに接続され、巨大磁気抵抗効果素子31Aの一端31aは図43の構造と同様に導体42によって第4の巨大磁気抵抗効果素子34Aの一端34aに接続されている。また、第2の巨大磁気抵抗効果素子32Aの一端32aは導体60によって第4の巨大磁気抵抗効果素子34Aの他端34bに接続され、第2の巨大磁気抵抗効果素子32の他端32bは導体61によって第3の巨大磁気抵抗効果素子33Aの一端33aに接続されている。また、導体60の一部を基板Kのコア部分に延長して入力用の端子部62が形成されるとともに、導体61の途中部分において基板Kのコア部分に位置する箇所に出力用の端子部63が形成されている。

【0035】図7に示す構造においても巨大磁気抵抗効果素子31A、32A、33A、34Aによってブリッジが構成されているので、先の第1実施形態の構造と同様に磁界センサとして使用することかできる。

【0036】次に、図7に示す磁界センサS3の巨大磁気抵抗効果素子31A、32A、33A、34Aの各々のピン止め磁性層cの磁化のピン止め方法について、磁界センサS3の製造方法とともに以下に説明する。図7に示す構造の磁界センサS3を製造するには、S1基板等の基板上に必要な膜を積層し、必要に応じて膜の積層

工程に合わせて適宜フォトリソ工程を行い、パターニングを施して製造することかできる。

【0037】まず、基板上に目的とする巨大磁気抵抗効果素子の積層構造に合わせて必要な薄膜を積層する。巨大磁気抵抗効果素子から層構造の場合は5層の薄膜を積層し6層構造の場合は6層の薄膜を積層し7層構造の場合は7層の薄膜を積層する。次にこれら積層膜の上にレジストを塗布してフォトリソ工程を施し、必要部分のみを線状の巨大磁気抵抗効果素子として残す。次にこれら巨大磁気抵抗効果素子の上にレジストを形成してから電極膜を形成し、続いて電極膜をフォトリソ工程で所望の形状に加工して図7に示すように導体を形成し、続いて後述するように磁界印加処理を行うならば図7に示す磁界センサS3を製造することかできる。

【0038】磁界を印加する処理を行う場合、一例として図8に示す製造装置Zを用いる。この例の製造装置Zは、磁界センサSの基板Kを嵌め込み設置可能な幅の凹部70を備えた基台71と、この凹部70の底面部に設置されたループ型の導体72と、導体72に接続された電源73を主体として構成されている。前記導体72は直線状の第1の導体75と、この第1の導体75に平行な直線状の第2の導体76と、これら第1の導体75と第2の導体76を連結する接続導体77とからループ状に構成されている。

【0039】そして、基板Kを凹部70に嵌め込み挿入した場合に図9に示すように第1の導体75の上方に巨大磁気抵抗効果素子31A、32Aが位置し、第2の導体76の上方に巨大磁気抵抗効果素子33A、34Aが位置するように形成されている。また、電源73は第1の導体75側から第2の導体76側に流れる直流電流を印加できるものである。

【0040】図8と図9に示すように基板Kを凹部70に嵌め込み挿入した後、電源から直流電流を流すと、導体75を流れる電流により図9に示す導体75を中心とする時計回りの磁界が生じるとともに、導体76を流れる電流により導体76を中心とする反時計回りの磁界が生じるので、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子31A、32Aの交換バイアス層dを図8の矢印e、fに示す方向に、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子33Aと34Aの交換バイアス層dを図8の矢印g、hに示す方向にそれぞれ着磁することができ、各交換バイアス層dの交換結合力によってそれらに隣接するピニ止め磁性層eの磁化の向きを各々の方向（e方向、f方向、g方向、h方向）にピニ止めすることかできる。着磁した後で導体77に流れる電流を停止すると、交換バイアス層dの着磁状態はそのまま保持されるので、各ピニ止め磁性層eの磁化の向きもピニ止めされたまま維持される。以上の工程を経ることにより、各ピニ止め磁性層の磁化の向きを図8に示すように制御した磁気センサS3を得ることかできる。

【0041】前記第1の導体75と第2の導体76に電流を流して磁界を発生させる場合、両導体に流れる電流が時間的に100μsecでもずれて作用すると、第1、第2の巨大磁気抵抗効果素子31、32の交換バイアス層dの着磁状態と、第3、第4の巨大磁気抵抗効果素子33、34の交換バイアス層dの着磁状態が同一になされないおそれがあるので、第1の導体75と第2の導体76を同一電源に接続して磁界印加の時間ずれを無くした状態で磁界発生させることが重要である。ただし、磁界印加の時間ずれを無くすることかできるように2つの電源の同期をとって着磁できるならば、複数の電源に接続して別々の電源から第1の導体75と第2の導体76に電流を流しても差し支えない。

【0042】なお、交換バイアス層dを $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層、NiO層、IrMn層、CrPtMnから構成した場合はこのような磁界印加手段で瞬時に着磁できるが、交換バイアス層dの構成材料としてNiMn層、PdPtMn層、MnRhRu層、PtMn層を選択した場合はブロッキング温度以上の温度に加熱後、先に述べたごとく着磁する必要があるので着磁作業が複雑になるが、着磁可能であるので利用することかできる。

【0043】図10は本発明に係る磁界センサの第4実施形態を示すもので、この形態の磁界センサS4は、基本的な構造については図7に示す磁界センサS3と同等であるが、異なっているのは、第1の巨大磁気抵抗効果素子31Bが第1番目の直線11に沿って、第2の巨大磁気抵抗効果素子32Bが第2番目の直線12に沿ってそれぞれ設けられている点と、第3の巨大磁気抵抗効果素子33Bが第3番目の直線13に沿って、第4の巨大磁気抵抗効果素子34Bが第4番目の直線14に沿ってそれぞれ設けられている点である。第1番目、第2番目、第3番目、第4番目の直線11、12、13、14はいずれも平行であり、直線11と12が隣接配置され、直線13と14が隣接配置されている。

【0044】その他の構造は先に図6に記載の磁界センサS3と同等であり、この実施形態の磁界センサS4においても先の実施形態の磁界センサS3と同等の効果を得ることができる。また、磁界センサS4を製造する際に用いる製造装置として図8に示すものをそのまま用いることはできないので、第1の導体75を第1の巨大磁気抵抗効果素子31Bの位置と第2の巨大磁気抵抗効果素子32Bの位置に合うように折り曲げ変形させ、第2の導体76を第3の巨大磁気抵抗効果素子33Bの位置と第4の巨大磁気抵抗効果素子34Bの位置に合うように折り曲げ変形させて用いれば良い。

【0045】具体的には、第1の導体75において電源73に近い側の直線部分と電源73から離れた側の直線部分の間（第1の巨大磁気抵抗効果素子31Bと第2の巨大磁気抵抗効果素子32Bとの間の部分の上方）に折曲部を形成し、第1の巨大磁気抵抗効果素子32Bと第



2の巨大磁気抵抗効果素子33Bのいずれにも位置合わせできるように構成すると良い。また、第2の導体76に対して第1の導体75の場合と同様に、第3の巨大磁気抵抗効果素子34Bと第4の巨大磁気抵抗効果素子34Bとの間の部分の下方に折曲部を設けて第2の導体761本で第3、第4の巨大磁気抵抗効果素子33B、34Bに位置合わせできるように構成すると良い。

【0046】以上説明した各実施形態のように、4つの巨大磁気抵抗効果素子によってブリッジ回路を構成することを想定すると、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子を同一直線上に配置し、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子を同一直線上に配置することが望ましいが、図10に示す実施形態のように多少位置ずれした状態で巨大磁気抵抗効果素子を配置しても差し支えない。また、巨大磁気抵抗効果素子をいずれも完全平行に配置する必要はなく、ブリッジ回路を構成する場合に位相の異なる抵抗を演出することに支障にならない程度傾斜させて配置しても良いのは勿論である。

【0047】

【実施例】縦3.6mm×横3.6mmのサイズのS1基板上に、幅0.05mm、長さ1.75mmの4つの線状の巨大磁気抵抗効果素子を図7に示す位置に相互に平行位置に形成して基本構造の磁界センサを形成した。各巨大磁気抵抗効果素子の積層構造は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層(1000Å厚)／ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>層(1000Å厚)／NiFe層(30Å厚)／Co層(10Å厚)／Cu層(22Å厚)／Co層(10Å厚)／NiFe層(77Å厚)／Fe(30Å厚)の8層からなる積層構造とした。各巨大磁気抵抗効果素子の端部どうしを接続する導体はCr膜から形成し、図7に示す導体接続形状とした。

【0048】次に、図8と図9に示す装置に基板をセットし、銅線からなる太さ0.8～0.9mmの第1の導体と第2の導体に100μsecの時間、3500Aの電流を流して交換バイアス層の着磁を行ない、磁界センサを得た。

【0049】外部磁界として、磁界センサSの表面側に11mmのギャップを介して図11に示す円柱状の磁石80を配置し、磁界センサSは固定し、円柱状の磁石80をその周回りに回転させてサインカーブ状の対称性の磁界をこの磁界センサに印加したところ、図11に示す出力カーブを得ることができ、磁界センサとして作動することを確認することができた。

【0050】

【発明の効果】以上説明したように本発明の磁界センサは、同一直線上に並ぶ第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きを同じ方向に揃え、同一直線上に並ぶ第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きを180°異なる同じ方向に揃え、第1と第2と第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子を接続することで巨大磁気抵抗効果素子によるブリッジ

回路を構成できる。そして、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子の交換バイアス層の着磁を同一方向にまとめて同一磁界で着磁することかでき、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子の交換バイアス層の着磁を同一方向にまとめて同一磁界で着磁して製造できるので、4つ別々な方向に着磁する必要のあった従来構造よりも格段に着磁作業を容易にすることができ、効果がある。従って生産性の良好な磁界センサを提供できる。

【0051】また、本発明の構造は第1と第2と第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子をそれぞれ平行な異なる直線上に配置する構造においても実現することができる。

【0052】次に、前記の第1と第2と第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子をブリッジ接続することで、巨大磁気抵抗効果素子を用いたホイートストーンブリッジを容易に構成することができるので、出力の増大化、環境ノイズ磁界が作用した場合のノイズ磁界の打消が容易にでき、正確な磁界検出ができる磁界センサを提供することができる。

【0053】本発明において、同一直線上に並ぶ第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きを同じ方向に揃え、同一直線上に並ぶ第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きを180°異なる同じ方向に揃える構造を採用すると、第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置した第1の導体と、第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置した第2の導体に電流を流して発生させた磁界により、4つの巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きを所望の方向に揃えることが容易にできるので、製造が極めて容易な特徴を有する。

【0054】本発明の製造装置では、前記構造の磁界センサを製造するために、第1の導体と第2の導体を備え、これらを電源に接続した装置を用いることで、第1の導体を第1と第2の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置し、第2の導体を第3と第4の巨大磁気抵抗効果素子に沿って配置し、これらの導体に電流を流して磁界印加することで、ピン止め磁性層の磁化の向きを所望の方向に容易にピン止めすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る磁界センサの第1実施形態の回路図。

【図2】同第1実施形態の磁界センサに備えられた巨大磁気抵抗効果素子の積層構造を示すための概略構成図。

【図3】第1の実施形態を基板上に実際に作成した磁界センサの一例を示す平面図。

【図4】図3に示す磁界センサに適用された巨大磁気抵抗効果素子の具体的積層構造と導体の接続部分を示す断面図。

【図5】本発明で用いた巨大磁気抵抗効果素子において、ピン止め磁性層の磁化の向きに対してフリー磁性層



の磁化の向きが変化した場合に生じる抵抗変化状態を示す説明図。

【146】 本発明に係る磁界センサの第2実施形態の回路図。

【147】 本発明に係る磁界センサの第3実施形態の平面図。

【148】 図7に示す磁界センサを製造装置により着磁している状態を示す図。

【149】 同状態の側面図。

【1410】 本発明に係る磁界センサの第4実施形態の 10 平面図。

【1411】 実施例の磁界センサで得られた出力測定結果を示す図。

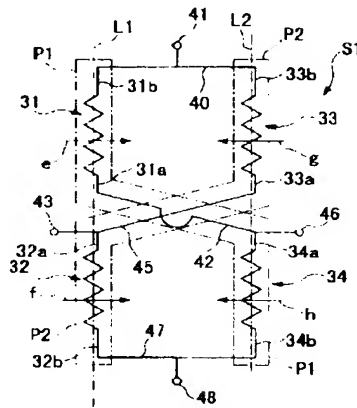
【1412】 従来の磁界センサの一例を示す概略構成図。

【1413】 図12に示す磁界センサに備えられている巨大磁気抵抗効果素子のピン止め磁性層の磁化の向きとフリー磁性層の磁化の向きの関係を示す図。 \*

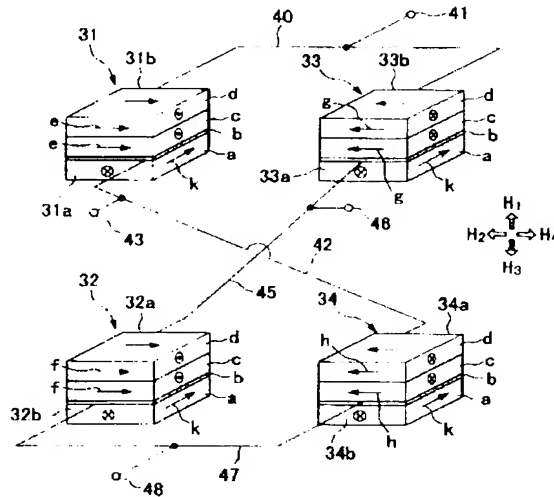
\*【符号の説明】

a…強磁性層（フリー磁性層）、b…非磁性層、c…  
強磁性層（ピン止め磁性層）、d…交換ハイス層  
（反強磁性体層）、e、f、g、h…磁化の向き、L1…  
第1の直線、L2…第2の直線、S1、S11、S2、  
S3…磁界センサ、T1…第1番目の直線、T2…第2  
番目の直線、T3…第3番目の直線、T4…第4番目の  
直線、31、31A、31B…第1の巨大磁気抵抗効果  
素子、31a…一端、31b…他端、32、32  
A、32B…第2の巨大磁気抵抗効果素子、32a…  
一端、32b…他端、33、33A、33B…第3の  
巨大磁気抵抗効果素子、33a…一端、33b…他  
端、34、34A、34B…第4の巨大磁気抵抗効果  
素子、34a…一端、34b…他端、40、42、4  
5、47、50、51…導体（接続部）、41、4  
3、46、48、61、62…端子部、73…電源、  
75…第1の導体、76…第2の導体、Z…製造装  
置。

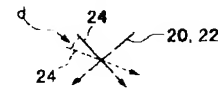
【図1】



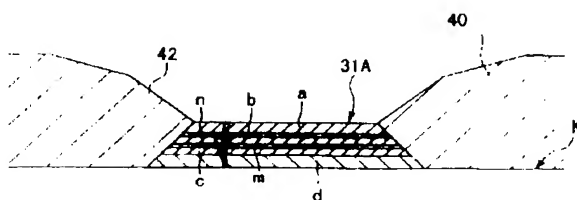
【図2】



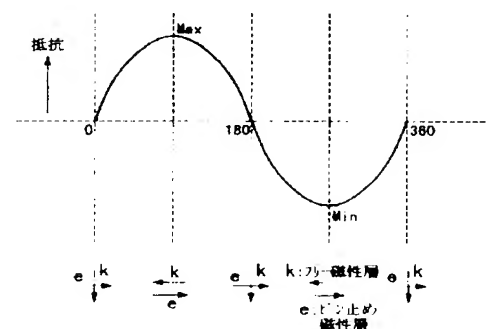
【図13】



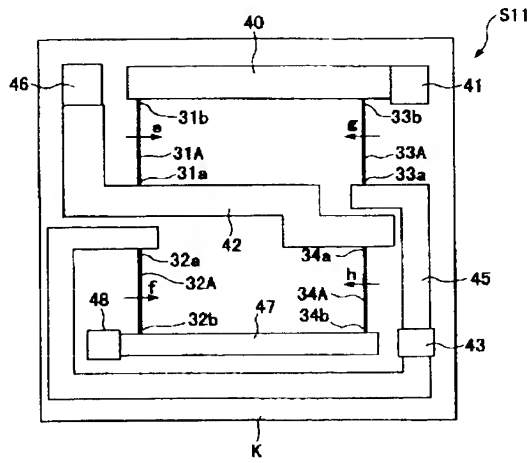
【144】



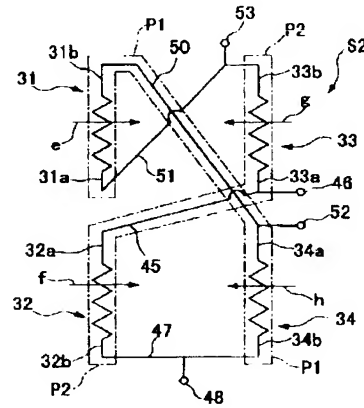
【145】



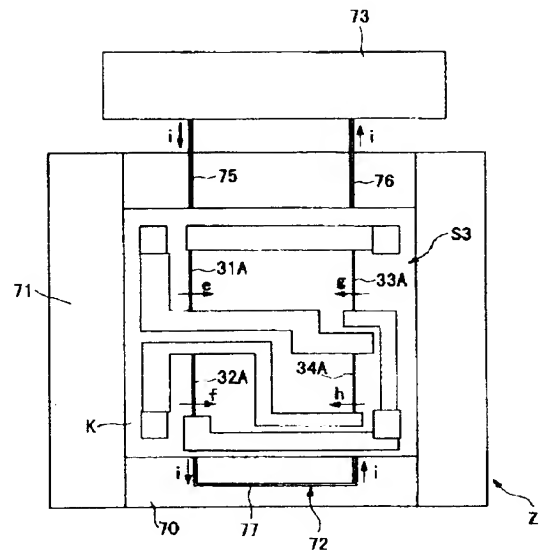
【図3】



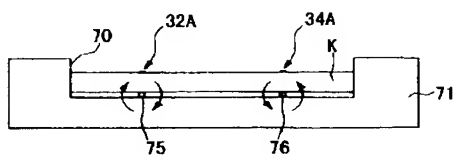
【図6】



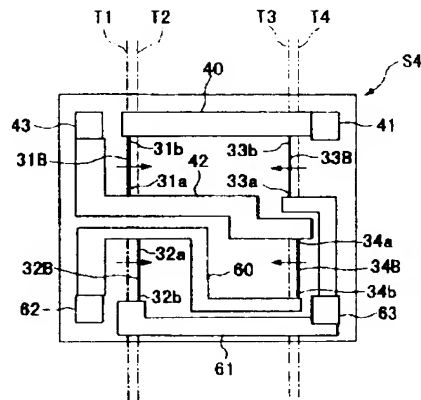
【図8】



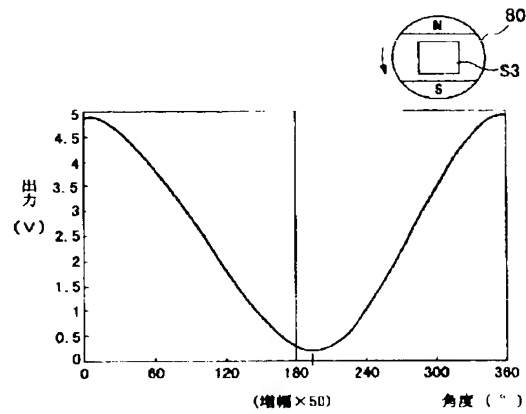
【図9】



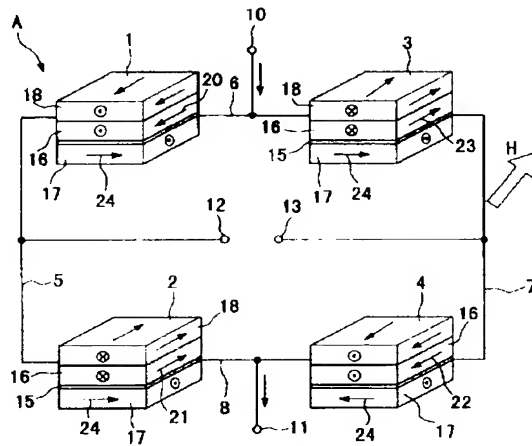
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 義人  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式会社内

(72)発明者 畑内 隆史  
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ  
ス電気株式会社内  
ドターム(参考) 2G017 AA01 AB01 AB02 AC06 AD55  
AD63 AD65 BA09

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-035470

(43)Date of publication of application : 02.02.2000

(51)Int.Cl.

G01R 33/09

H01L 43/08

H01L 43/12

(21)Application number : 10-204066

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 17.07.1998

(72)Inventor : TOKUNAGA ICHIRO

KIKUCHI SEIJI

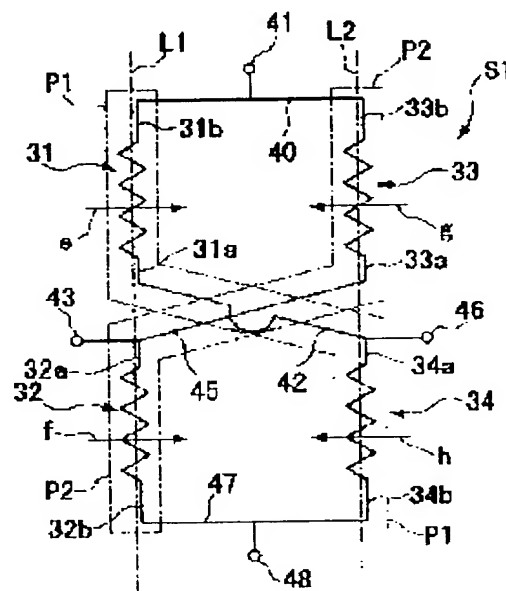
SASAKI YOSHITO

HATAUCHI TAKASHI

**(54) MAGNETIC FIELD SENSOR EQUIPPED WITH MACRO- MAGNETORESISTANCE EFFECT ELEMENT, AND ITS MANUFACTURE AND MANUFACTURING DEVICE****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic field sensor, capable of surely controlling, in a desirable direction, individual magnetization of an exchange bias layer of each of four bridge-connected macro-magnetoresistance effect elements, and a manufacturing method as well as a manufacturing device.

**SOLUTION:** A first macro-magnetoresistance effect element 31 and a second macro-magnetoresistance effect element 32 are provided along a first straight line L1 with magnetization of pinned magnetic layers (c) directed in a fixed direction, while a third macro-magnetoresistance effect element 33 and a fourth macro-magnetoresistance effect element 34 are provided along a second straight line L2 parallel to the first straight line L1 with magnetization of pinned magnetic layers directed in the 180° reverse direction to the direction of magnetization of the pinned magnetic layers of the first and second macro-magnetoresistance effect elements.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office